

INVENTERING AV NYA INSPEKTIONSINSTRUMENT FÖR STATUSKONTROLL AV FJÄRRVÄRMERÖR

Göran Sund, Det Norske Veritas



Forskning och Utveckling | 2004:106

INVENTERING AV NYA INSPEKTIONSINSTRUMENT FÖR STATUSKONTROLL AV FJÄRRVÄRMERÖR

Göran Sund, Det Norske Veritas

I rapportserien publicerar projektledaren resultaten från sitt projekt. Publiceringen innebär inte att Svensk Fjärrvärme AB tagit ställning till slutsatserna och resultaten.

INVENTERING AV NYA INSPEKTIONSINSTRUMENT FÖR STATUSKONTROLL AV FJÄRRVÄRMERÖR

SAMMANFATTNING

I ett tidigare publicerat forskningsprojekt FOU 2002:80, utvändig korrosion på fjärrvärmerör, har det visats att livslängden hos ett distributionsnät till stor del påverkas av uppkomsten av korrosionsskador. Korrosionsskadorna är oftast av lokal natur och initieras av inträngande förorenat vatten. Korrosionsskador förekommer huvudsakligen i äldre kulvertar, oftast i betong och med medierör av stål.

Idag finns stor osäkerhet vid uppskattningen av livslängden hos medierör i betongkulvert. Haverier av medierör i kulvertar sker därför plötsligt och oväntat. Haverierna kostar stora summor. Det finns idag ett stort behov av att med större säkerhet kunna uppskatta livslängden hos medierör i betongkulvertar. Ett sätt är att låta övervaka rören med olika inspektionsinstrument och fiberoptik.

Föreliggande studie har syftat till att ge fjärrvärmedistributörerna kännedom om vilka utvecklade inspektionsmetoder som är möjliga att använda för att bedöma livslängden hos ett medierör.

De mest användbara metoderna att detektera korrosionsskador på fjärrvärmerör är ultraljud enligt Teletest- eller Forcemetoden. Dessa metoder har utvecklats under senare år och går även utmärkt att genomföra i fält.

Inspektionsmetoder med kamera bör också kunna användas för att detektera utvändiga korrosionsskador på fjärrvärmerör. Den mest användbara metoden är Recon, men metoden kan dock stöta på praktiska svårigheter, eftersom flera hinder måste forceras innan kameralinsen når fjärrvärmeröret. Pearpointmetoden i vilken kameran är kopplad till en traktor, har framförallt tillämpningar vid invändig inspektion av fjärrvärmerör.

Videoproben som inspektionsinstrument har begränsningar att endast klenare rördimensioner och korta rörlängder kan undersökas, eftersom ljuset inte räcker till. Fiberskop och boroskop bedöms inte kunna användas för att undersöka utvändiga korrosionsskador på fjärrvärmerör, då instrumenten har en begränsad optik.

Optiska fibrer med övervakning kan identifiera och lokalisera en utvändig korrosionsskada. En nackdel med dessa metoder är att korrosionsskadan måste ha givet upphov till läckage innan skadan kan upptäckas.

Läcksökning med vätgas kan endast användas i tömda fjärrvärmerör och där genomgående hål finns i röret.

Flera av de konventionella metoderna som används i kraftvärme-, petrokemi-, massa- och pappersindustrin är inte relevanta att användas på fjärrvärmerör. Radiografisk provning bedöms dock kunna användas på nytillverkade fjärrvärmerör.

REVIEW OF NEW INSPECTION INSTRUMENTS FOR STATUS CONTROL OF DISTRICT HEATING SYSTEMS

ABSTRACT

In an earlier research project FOU 2002:80, the results show that the life time of pipes in district heating systems is limited due to external corrosion damages.

The corrosion damages are usually locally and initiated by impure water. The study has shown that the corrosion damage occurred in old district systems, often of concrete and with steel pipes.

Today it is very difficult to estimate the life time of the steel pipes in the district heating systems. The failures occurred suddenly and unexpected, and cost a lot of money. Therefore it is a need to estimate the life time of the steel pipes in the district heating systems. One way to do this is to carry out measurements with different kinds of inspection instruments and fibre optics.

This report has the ambition to get the district heating systems distributors knowledge about different kind of developed inspection methods to estimate the life time of a steel pipe.

The most useful method to detect external corrosion damage on steel pipes is ultrasonic testing with a method according to Telect or Force. These methods have been developed during the last years and are extremely good in field practice.

Inspection methods with a camera are also a useful method to detect external corrosion damage on steel pipes. The most useful method is Recon, but the method has some practical problems, because many obstacles must be by-passed, before the camera lens reaches the steel pipe. The Pearpoint method, where the camera is situated on a tractor, is applicable internally in steel pipes.

The video probe as an inspection instrument meant that only thin and short steel pipes could be examined. Fibre scope and boro scope could not be useful to investigate external corrosion damage, due to limited optical systems.

Optical fibres can identify and locate external corrosion damage. One disadvantage with this method is that the corrosion damage must penetrate through the pipe wall, before the damage can be detected.

Leakage detection with hydrogen gas could only be used in empty steel pipes, and where the corrosion damage has penetrated through the pipe wall.

Many of the conventional methods used in power, petrochemical, and pulp- and paper industry is not relevant to use, to detect corrosion damage on steel pipes. Radiographic testing could be used for new manufactured steel pipes.

Key-words: District heating systems, external corrosion, steel pipes, inspection instruments ultrasonic testing, video probe, fibre scope, light scope, fibre optics.

Innehållsförteckning

Sida

1. INLEDNING.....	1
2. INVENTERING AV INSPEKTIONSINSTRUMENT.....	1
2.1 Ultraljud.....	1
2.2 Akustisk emission	3
2.3 Videoendoskop	3
2.3.1 Videoprobe.....	3
2.3.2 Recon inspektionsinstrument	4
2.3.3 Pearpoint inspektionsinstrument.....	6
2.4 Fiberskop	6
2.4.1 Fiberskop	6
2.4.2 Light-scope.....	7
2.5 Boroskop.....	8
2.6 H2-metoden	8
3. OPTISKA FIBRER FÖR ÖVERVAKNING.....	9
4. ERFARENHETER AV INSPEKTIONSINSTRUMENT I OLIKA INDUSTRIER	10
4.1 Oförstörande provning i industrin.....	10
4.2 Okulär besiktning.....	10
4.3 Provning med penetrant.....	10
4.4 Radiografisk provning.....	11
4.5 Ultraljudsprovning	12
4.6 Magnetpulverprovning	12
4.7 Virvelströmprovning	13
4.8 Replikprovning	13
5. DISKUSSION	13
6. SLUTSATSER.....	15
7. REFERENSER.....	15

1. INLEDNING

I ett tidigare forskningsprojekt FOU 2002:80, utvärdig korrosion på fjärrvärmerör, har det framgått att livslängden hos ett distributionsnät till en väsentlig del beror på korrosionsskador. Korrosionsskadorna är oftast av lokal natur och initieras av inträngande förorenat vatten. Studien har visat att korrosionsskador framförallt uppkommer i äldre kulvertar, oftast i betong och med medierör av stål.

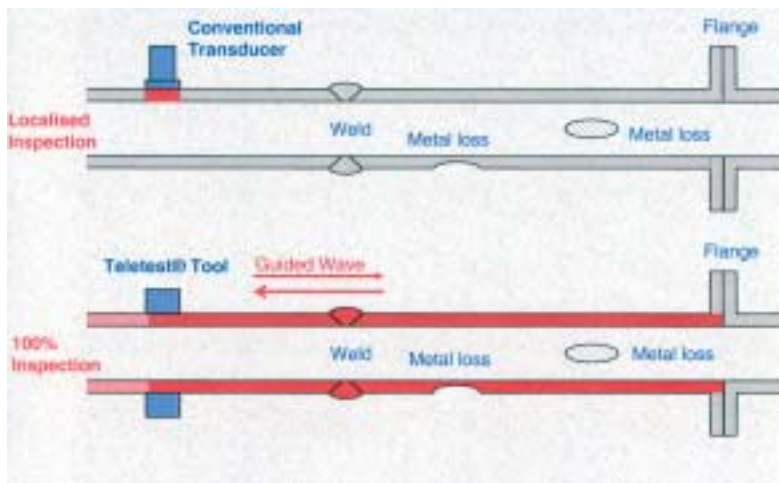
Livslängden hos ett medierör i en betongkulvert är svår att uppskatta. Genom att använda nyare typer av inspektionsinstrument kan livslängden enklare bestämmas.

Föreliggande studie har syftat till att ge fjärrvärmedistributörerna kännedom om vilka eventuella nya inspektionsmetoder som är möjliga att använda för att bedöma livslängden hos ett medierör. Studien har inte tagit upp larmtrådar och termografering som möjliga metoder att bedöma livslängden hos medierör.

2. INVENTERING AV INSPEKTIONSINSTRUMENT PÅ FJÄRRVÄRMERÖR

2.1 Ultraljud

En ultraljudsmetod kallad Teletest har utvecklats av TWI, ref [1]. Metoden är känslig att detektera ut- och invändig korrosion på fjärrvärmerör. Med konventionell ultraljudsteknik måste fjärrvärmeröret kläs av från isoleringen, vilket innebär att åtkomligheten blir mycket begränsad. Med Teletestmetoden kan stålrör med längder upp till 30 m, från en enda undersökningspunkt, kartläggas utan att isoleringen avlägsnas, se **figur 1**.



Figur 1. Konventionellt ultraljud överst och ultraljud enligt Teletest nederst, på stålrör med fläns, ref [1].

Conventional ultrasonic testing above and Teletest tool is at the bottom, steel pipes with flange ref [1].

Rör med diametrar mellan 50 till 1200 mm kan provas. På samma sätt som för konventionellt ultraljud sänds vågor med en viss frekvens. Vågorna reflekteras vid stutsar, böjar, svetsar och korrosionsskador och känsligheten för metoden är ned till ca 3 % av godstjockleken. Metoden kan användas i närheten av vägar eller vägkorsningar, se **figur 2**, där korrosionsskador utvändigt på rör kan finnas, ref [1]. Utvändiga korrosionsskador från halva godstjockleken och uppåt kan kartläggas.



Figur 2. Ultraljudprovning enligt Teletestmetoden av stålrör under väg, ref [1].

Ultrasonic testing of steel pipes under roads according to Teletest method, ref [1].

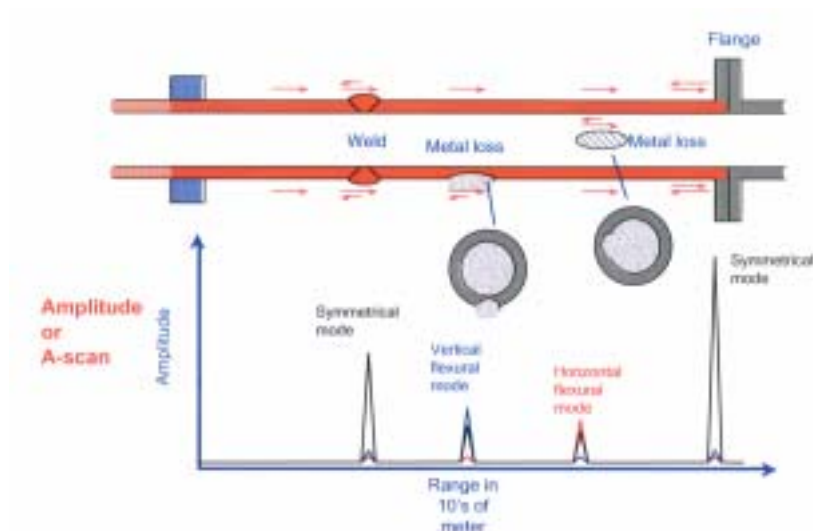
Force Technology har utvecklat en metod som kan indikera korrosion och defekter i rörkonstruktioner, ref [2]. Metoden är ganska lik Teletestmetoden och kan användas för samma rördiametrar som Teletestmetoden. Temperaturen i röret kan vara upp till 125°C. Ett ringförband av sökare och mottagare appliceras på röret och ultraljudsvågor kan sändas åt båda håll, **figur 3**.



Figur 3. Ultraljudprovning av stålrör enligt Forcemetoden, ref [2].

Ultrasonic testing of steel pipes according to the Force method, ref [2].

Vid korrosionsskador kommer ett felsökningseko att framträda enligt **figur 4**. För ett fjärrvärmerör med ytliga utvändiga korrosionsskador kan rörlängder upp till 40 m detekteras varje gång. Produktiviteten för sådana typer av fjärrvärmerör är ca 300 m per dag.



Figur 4. Detektering av korrosionsskador på stålrör med fläns med hjälp av ultraljud enligt Forcemetoden, ref [2].

Inspection of corrosion damages of steel pipes with ultra sonic testing according to the Force method, ref [2].

2.2 Akustisk emission

Akustisk emissionssökning grundar sig på registrering av de ljudpulser som ett material ger ifrån sig under påkänning, ref [3]. Den väsentligaste informationen som akustisk emissionsmätning ger är om det finns sprickor som tillväxer i stålröret. Förutsättningen för mätningen är att materialet är utsatt för någon form av belastning som förorsakar t ex mikrospricktillväxt.

Vid mätning sänds ljudvågor iväg via en sändare. En mottagande sökare appliceras på materialets yta och de ljudpulser som når ytan registreras. Lägesbestämning sker av de områden på stålröret som ger ifrån sig ljuden. Analysen bygger på att de ankommande ljudpulsernas styrka, karaktär och täthet utvärderas. Resultaten från försök ute i fält visar att akustisk emission kan användas för sprickdetektering och lokalisering med ett avstånd mellan givarna på upp till 20 m.

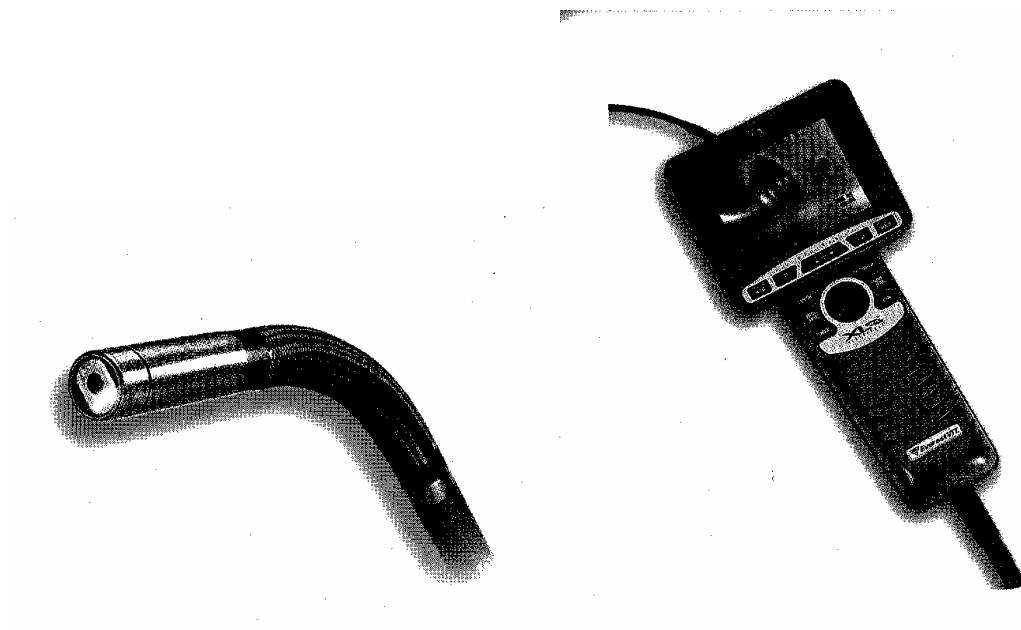
Förutsättningarna för mätningar med akustisk emission är att materialet är utsatt för någon form av belastning som förorsakar sprickor. Metoden kan dock inte användas på stålrör som endast är utsatta på grund av korrosion med godsavverkning.

2.3 Videoendoskop

2.3.1 Videoprobe

Video Probe finns i tre olika utföranden bas, digital och avancerat digital, se **figur 5**, ref [4]. Det sistnämnda är ett komplett inspektionssystem som består av en videoprocessor med inbyggd ljuskälla samt en integrerad LCD-monitor i manöverhandtaget. Videoproben har 90 - 150° tippmöjlighet i samtliga riktningar och styrs med en joystick som gör den mycket lättarbetad. Övriga funktioner styrs via knappar från manöverhandtaget. Kameran har mycket god upplösning (440 000 pixlar) och standaroptiken har en blickriktning rakt fram med en bildvinkel på 50 grader och fokusavstånd från 50 mm till oändlighet. Proben kan kompletteras med ett antal olika linser för t ex vidvinkel. Videoproben finns i diametrar från 3,9 – 8.4 mm och längder mellan 1,5 – 7,5 m. Det finns även en industrivariant som heter Industrial Pro och finns i längder upp till 18 m. Instrumentet kan användas företrädesvis för invändig undersökning och endast för

klenare rördimensioner. Endast kortare längder på rör kan undersökas, eftersom ljuset inte räcker till. Svårigheter finns att använda instrumentet i betongkulvertar.



Figur 5. Videoprobe med kamera och monitor, ref [4].

Video probe with camera and monitor, ref [4].

2.3.2 Recon inspektionsinstrument

Recon inspektionsutrustning består av kamera, styrenhet för bildbehandling och bildlagring, transportvagn på hjul samt kamerakabel, se **figur 6**, ref [4]. Den finns i längder mellan 30 - 60 m. Instrumentet ger bra ljus även för långa längder. Instrumentet är komplett och har även räkneverk för rörlängden.

Genom att använda utbytbara kamerahuvuden, linser och kabelrullar, kan systemet anpassas till en specifik applikation. Som tillbehör finns t ex batteripack för ca 2 timmars filmning, sidovyadaptar m.m.

Instrumentet kan användas vid temperaturer -25 till +60 °C.

Dimensionen på styrenheten för bildbehandling är: höjd: 650 mm, bredd: 580 mm och längd: 390 mm.

Instrumentet kan användas i fält genom invändig inspektion av fjärrvärmekulvertar, isolering, täckplåtar m.m. Kameraenheten kan stickas in eller skjutas in uppskattningsvis 10 till 15 m.

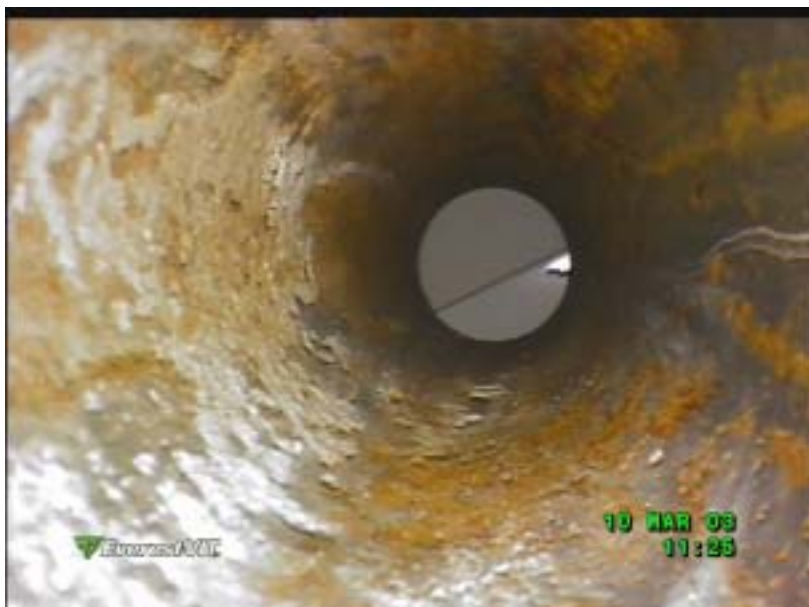


Figur 6. Recon inspektionsinstrument, ref [4].

Recon inspection instrument, ref [4].

Använder man en 50 m lång kabel tillsammans med instrumentet, väger utrustningen 24 kg. Materialet i kabeln är ett polymermaterial kallad Hysol. Diametern på kabeln är ca 10 mm. Kabeln kan stagas upp med ståltråd eller rör. Böjningsradien kan väljas till 15 eller 23 cm.

Korrosionsskador och beläggningar på fjärrvärmerör kan synliggöras både in- och utvändigt genom färgförändringar, ojämnheter, materialavverkning, se **figur 7**.



Figur 7. Korrosionsskador och beläggningar invändigt i fjärrvärmerör synliga med Recon inspektionsinstrument, ref [4].

Internal corrosion damages and deposits in steel pipes registries with Recon inspection instrument, ref [4].

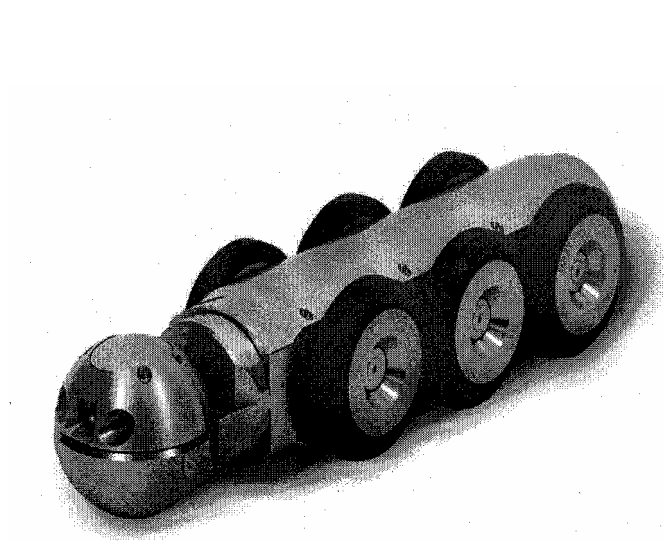
2.3.3 Pearpoint inspektionsinstrument

Systemet består av en kamera, kabel och traktor. Kameran är vattenbeständig och trycktålig upp till 11 bar, ref [5]. Kameran sitter på en sexhjulig minitraktor, se **figur 8**. Kameran kan vridas 360 grader runt både horisontellt och vertikalt, **figur 9**. Med denna metod behöver inte rörsystemet tömmas vid inspektion. Manöverbordet är ergonomiskt utformat, innehåller bl.a. en joystick. Kabeln är upp till 40 meter lång. Inspektioner kan framförallt utföras på rörledningar invändigt med diametrar mellan 100 till 450 mm. Ett problem med metoden är att få tillräckligt med ljus.



Figur 8. Instrumentuppställning för Pearpoint 600, ref [5].

Instrument arrangement with Pearpoint 600, ref [5].



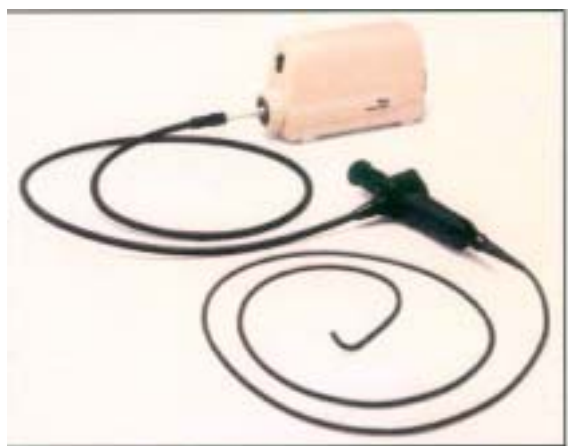
Figur 9. Traktor till Pearpoint 600, ref [5].

The tractor to Pearpoint 600, ref [5].

2.4 Fiberskop

2.4.1 Fiberskop

Fiberskop är ett flexibelt inspektionsinstrument med inbyggd ljusledare, se **figur 10**, ref [6]. Istället för en kamera tas ljuset in via en fiberoptisk ljusledare. Ett flertal längder och diametrar kan väljas på ljusledaren, ibland med diametrar ned till 0,5 mm. Olika blickriktningar och bildvinklar kan väljas. Ljusledaren kan skjutas in 10 m i en kulvert för inspektion. Fiberskopen finns med eller utan rörelse på spetsen. Två – vägs eller fyra – vägs rörelse. Fiberskopet kan kopplas till en monitor via en kamera vilket underlättar inspektionsarbetet. Speciella fiberskop för användning med UV – ljus har även tagits fram.



Figur 10. Fiberskop, ref [6]. *Fibre scope, ref [6].*

2.4.2 Light-Scope

Light – Scope är ett enkelt fiberskop och har en effektiv problemlängd på 1,35 m och är tillverkad i glasfiberarmerad plast, se **figur 11**, ref [6]. Light Scope finns dels i flexibelt utförande, dels i ”Stay Flex” utförande vilket innebär att fibersonden kan böjas till valfri form och därefter stannar kvar i det böjda läget.

Till Light Scope kan man ansluta en mängd olika tillbehör som t ex 90 grader sidovyadapter, separat ljuskälla, digital stillbildskamera, filmkamera, extern monitor, videobandspelare och bildlagringsenhet. Light Scope levereras i en transportväska och inkluderar en batteridrivna ljuskälla, 90 grader sidovyadapter samt adapter för anslutning till en extern ljuskälla.



Figur 11. Light – Scope, ref [6]. *Light scope, ref [6].*

2.5 Boroskop

Boroskop är en typ av ett stelt, långt instick- och kikarinstrument, se **figur 12**. Instrumentet kan använda olika typer av linser som medger både ett högt ljusutbyte och en bra upplösning, ref [6]. Boroskopen finns med olika bildvinklar, olika diametrar från 0,5 mm upp till 20 mm och längder från 1000 mm upp till flera meter. Specialboroskop med möjlighet att reglera blickriktningen finns, likaså möjlighet att med spegelrör rotera blicken och se "varvet runt". Boroskopen kan förses med kamera och kopplas till en monitor.



Figur 12. Boroskop, ref [6]. *Boro scope, ref [6].*

2.6 H₂-metoden

H₂-metoden går ut på att man injicerar en låg halt av vätgas i systemet som skall läcksökas, ref [7]. Namnet kommer från H₂, den kemiska beteckningen för vätgas, den lättaste av alla molekyler. Vätgas är ogiftig och är det ämne som lättast tar sig ut genom en läcka. Vätgas stiger uppåt och tar sig igenom materialet, även betong, **figur 13**. Läcksökningen utförs med en gasdetektor som är speciellt utvecklad för att indikera enbart vätgas och så känslig att den reagerar för 0.0001 % vätgas i luft. Vid läcksökningen kompletteras detektorn med en suganordning som kallas marksond. Metoden kan endast användas på fjärrvärmerör som fått genomgående hål.



Figur 13. Läcksökning med vätgas, ref [7].

Leakage detection with hydrogen gas, ref [7].

Försök har även utförts med hundar som detektor (Västerås), för att hitta läckor i betongkonstruktioner kring rören, ref [8]. Oftast blandar man in ett ämne i vätgasen som luktar.

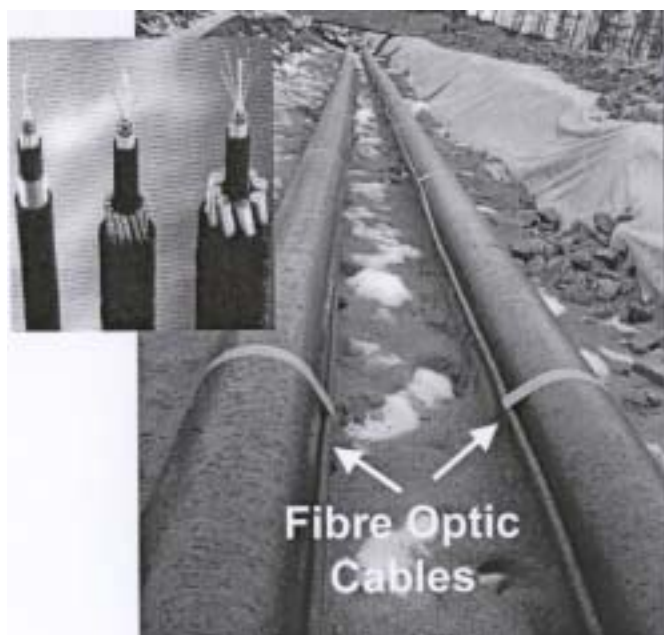
3. OPTISKA FIBRER FÖR ÖVERVAKNING

Den vanligaste typen av optiska fibrer för övervakning av fjärrvärmenät är fiberoptiska temperaturgivare som detekterar temperaturdifferenser eller –förändringar hos fjärrvärmeröret.

Med heltäckande temperaturmätning kan en begynnande skada identifieras och lokaliseras. Ett läckage kan detekteras i ett mycket tidigt begynnelsestadium, varvid skadepropageringen kan förhindras eller begränsas. Genom att kombinera fiberoptisk temperaturmätning med för konstruktionen och omgivningen rådande förhållanden, kan larmgränser för övervakande instrumentering bestämmas och fortskridande skadeförlopp övervakas för planering av serviceåtgärder och reparation. Med optisk fiber monterad på fjärrvärmerörets yta kan läckagebenägna ställen lokaliseras, antingen i isoleringen eller på fjärrvärmeröret.

Vid temperaturmätning kan olika optokablar användas, ref [9]. Kablarna avviker från varandra bland annat genom olika dimension, vikt, fibertyp, antal fibrer och intern struktur. För krävande jord- och vatteninstallationer måste armerade kablar användas.

Optokablar kan användas som lokaliserande temperaturgivare i hela sin längd, ref [10]. Metoden erbjuder möjlighet till heltäckande temperaturövervakning på ett fjärrvärmerör, se **figur 14**. En jordkabel måste användas i fråga om övervakning av fjärrvärmenätet, eftersom kabeln måste tåla normal återfyllning, fukt och rörelser i marken.



Figur 14. Optokabel applicerat på ett fjärrvärmerör, ref [10].
Fibre optic cables applicator on the steel pipe, ref [10].

I sin mest effektiva form är den optiska mätfibern en flera kilometer lång temperaturgivare som mäter temperaturer med noggrannheten av $\pm 0,5$ °C inom mätområdet -40 till $+500$ °C och lokaliserar temperaturskillnader med 0,5 m noggrannhet. Resultatet av mätningarna beskrivs oftast som två eller tredimensionella temperaturkurvor, ref [10].

Ett viktigt kriterium för val av kabel är värmeöverföringen från omgivningen till fibern. Den bästa värmeöverföringen, får man med en fiber som har förts in i ett metallrör med ca 1 mm diameter. En dylik specialkonstruktion används bland annat i de temperaturfibrer som installeras i jordkablar avsedda för kraftöverföring. Fibern inne i metallröret har en snabb temperaturreaktion och ett ganska gott mekaniskt skydd. Metallrörsfibrer har använts för att mäta temperaturer i betongkonstruktioner under gjuttiden.

Genom att mäta temperaturen kan dock inte uppmätning av korrosionsskadans djup på fjärrvärmeröret detekteras. Temperaturskillnaden indikeras först vid läckage av fjärrvärmeröret.

Fiberoptisk kabel är oftast okänsliga mot elektromagnetisk strålning, de kan användas i högtemperaturmiljöer och i korrosiv miljö, ref [11].

Fiberoptisk kabel kan även användas för att mäta den kemiska miljön. Ref [12] har utvecklat en fiberoptisk sensor som kan detektera organiska föreningar. En polymerbelagd optisk fiber som är känslig för ickepolariserade ämnen. Närvaro av kemiska föreningar observeras genom att mäta tidsfördröjningen mellan en laserpulssignal och backscattersignalen orsakad av kemiska anrikningar i polymerbeläggningen.

4. ERFARENHETER AV INSPEKTIONSINSTRUMENT I INDUSTRI

4.1 Oförstörande provning i industrin

Oförstörande provning är en grundpelare till bedömningar av tillstånd och återstående livslängd av olika mekaniska komponenter i en anläggning, ref [13]. En av de viktigaste uppgifterna för den oförstörande provningen är att försäkra sig om att sprickor och defekter inte finns som kan äventyra hållfastheten och säkerheten. Vid återkommande oförstörande provning är syftet att undersöka om skador och förändringar har uppkommit under drift. Inte sällan påträffas då ursprungliga defekter, till exempel beroende på att metoderna förfinats sedan den ursprungliga kvalitetskontrollen. De vanligaste oförstörande provningsmetoderna i skogs-, kemisk-, petrokemisk-, och kraftvärmeindustrin är följande:

Okulärbesiktning

Provning med penetrant

Radiografisk provning

Ultraljudprovning

Magnetpulverprovning

Virvelströmprovning

Vissa av ovanstående metoder kan även användas på fjärrvärmerör.

4.2 Okulär besiktning

Genom avsyning kan man i viss utsträckning kontrollera kvaliteten hos olika typer av komponenter. Metodens känslighet och tillförlitlighet förbättras om man använder hjälpmedel, exempelvis förstoringsglas, lupp, videokamera och rörkikare. En rätt utförd inspektion med videoupptagning ger ett komplett dokument över det inspekterade området. Detta kan analyseras direkt efter genomförd inspektion. Vid nästkommande inspektion kan man med enkelhet bedöma utvecklingen av eventuella skador och defekter.

Metoden är användbar inom industrin och lämpar sig även väl för åtkomliga fjärrvärmerör

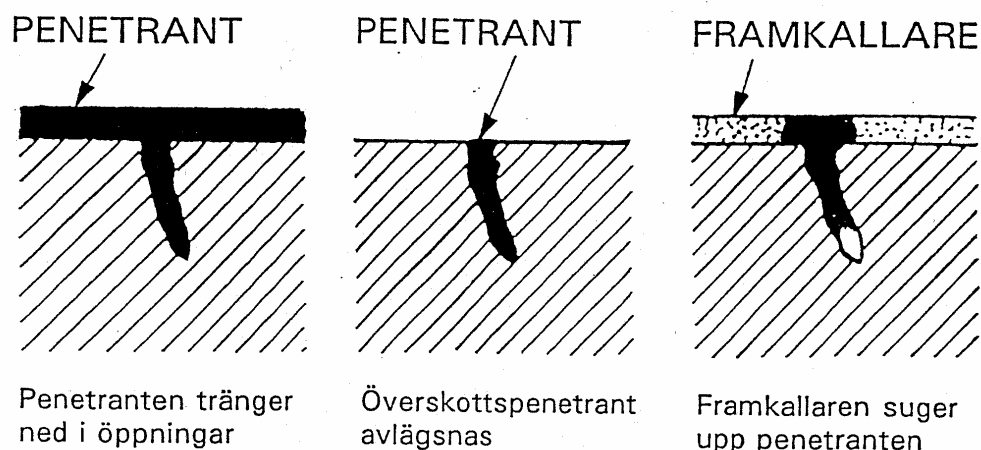
4.3 Penetrantprovning

Testmetoden används för att avslöja öppna ytfel hos icke ferromagnetiska material. Magnetpulverprovning är en mer pålitlig metod för ferromagnetiska material. En penetrant är en vätska som har låg viskositet och låg ytspänning, vilket gör att vätskan kryper in och fyller ut även mikroskopiska ytfel.

Det är viktigt att provföremålets yta är rent från glödska, rost, olja, fett och andra föroreningar. Detta åstadkoms exempelvis genom avfettning, betning eller borstning. Vid mekanisk rengöring måste man vara aktsam så att inte eventuella defekter förseglas.

Penetranten tillförs genom att vätskan sprayas, spolats eller penslas på provföremålets yta eller genom att provföremålet doppas i en tank med vätskan. Efter en viss tid (5 sek – 30 min) har vätskan sökt sig ner i öppna ytfel enligt **figur 15**.

Överflödigt penetrantvätska på provföremålets yta avlägsnas. Detta utförs genom spolning, avtorkning eller med speciella kemikalier. Med en korrekt utförd borttagning stannar rester av penetranten kvar i öppningarna enligt **figur 15**.



Figur 15. Penetrantprovning, ref [13].

Testing with penetrants, ref [13].

Vid framkallning suges den kvarvarande vätskan upp ur ytfelet till ytan. Framkallaren består oftast av ett vitt pulver, som antingen kan vara torr eller uppslammat i något flyktigt lösningsmedel.

Metoden är mycket vanlig i kraftvärme-, skogs- och petrokemisk industri. Kan även lämpa sig för fjärrvärmerör.

4.4 Radiografisk provning

Svetsprovning är ett av de viktigaste användningsområdena för radiografisk provning (RT). Andra användningsområden är provning av gjutgods och genomlysning av komponenter. En källa med genomträngande strålning (röntgen- eller gammastrålning) placeras på ena sidan av objektet. Strålningen detekteras, vanligtvis på en fotografisk film, på andra sidan. Skillnader i intensitet av strålning som passerat objektet ger variationer i filmens svärtning. Defekter ger upphov till ändring av strålningens intensitet i grad hur de utbreder sig i strålriktningen. Metoden kan användas för kontroll av svetsskarvar och material upp till ca 90 mm tjockt gods i stål och ca 1 meter i betong.

Metoden lämpar sig väl för detektering av volymetriska defekter som till exempel porer, slag och rotfel.

Radiografisk provning av kraftverkskomponenter tillämpas främst vid tillverkningskontroll av svetsar. En atlas för bedömning av röntgenfilm och klassificering av diskontinuiteter finns utgiven av International Institute of Welding och har väletablerad användning. En internationell accepterad defekttermologi finns i ISPO – 6520 – 1982.

Fjärrvärmeledningar i stål som skall skarvas genom svetsning kan provas med denna metod.

4.5 Ultraljudsprovning

En metod för detektering av sprickor, bindfel och inneslutningar etc, företrädesvis i stål. Metoden bygger på reflektion av högfrekventa ljudvågor, ungefär som ekolod. Metoden lämpar sig väl för detektering av korrosionsskador. Metoden används även vid tjockleksmätning. Metoden används inom de flesta industriområden. Går även att tillämpa på fjärrvärmerör, men är en tämligen långsam och dyrbar metod. På fjärrvärmerör kan metoden utvecklas, se avsnitt 2.1.

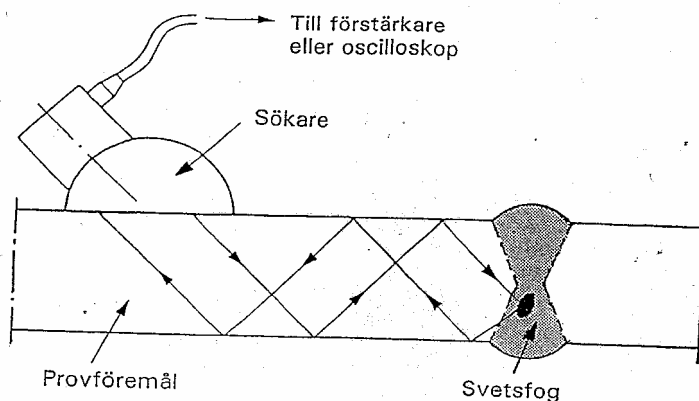
Då utsänt ljud reflekteras av diskontinuitet i godset ges en indikation. Utöver defekter som till exempel sprickor, svetsfel, och slaggstråk ger även geometriska förändringar som till exempel svetsrågar och rotvulster indikationer vilket inte alltid är att betrakta som defekter. Det är vanligt att indikationen presenteras på en katodstråleskärm i form av lodräta avböjningar på en horisontell linje samtidigt som materialet genomljudas. Även digitala apparater har idag stor användning istället för katodstråleskärm. Signaler kan utvärderas, behandlas och lagras med datoriserad hjälp.

För all ultraljudsprovning är det av yttersta vikt att den akustiska kopplingen är god mellan provföremålets yta och sökaren. Detta åstadkoms med ett kopplingsmedium. Exempel på medier är vatten och tvål, vilka båda ger god akustisk koppling.

Det finns tre grundtyper av sökare:

- Sökare för avsökning vinkelrätt mot provytan
- Vinkelsökare för avsökning i annan riktning
- Sökare för ytavsökning

Vid provning av svetsar är det ibland fördelaktigt att använda en vinkelsökare. Dessa kommer i bättre vinkel för att avslöja bindefel och dessutom försvinner behovet att planslipa svetsen för att få god akustisk koppling, se **figur 16**. Tillgång till svetsritningar är nödvändigt för tillförlitlig provning



Figur 16. Ultraljudsprovning av svetsförband, ref [13].

Ultrasonic testing of a weld, ref [13].

4.6 Magnetpulverprovning

Denna metod används för att avslöja ytfel hos ferromagnetiska material. Metoden bygger på det magnetiska fältet kring en strömgenomfluten ledare. Om en spricka skär ett magnetfält tvingas flödet att gå andra vägar. Till största delen avlänkas magnetflödet in i materialet runt sprickan, men en del av flödet kommer att gå tvärs över den luftspalt som sprickan bildar. Det uppstår ett läckflöde över sprickan.

Metoden är mycket användbar för större cirkulära tryckkärl i kraftvärme- och skogsindustrin.

Det är viktigt att provföremålets yta är rent från glödska, rost, olja, fett och andra föroreningar. Detta åstadkoms exempelvis genom avfettning, betning eller borstning. Vid mekanisk rengöring måste man vara aktsam så att inte eventuella defekter förseglas.

I fält används i mycket stor omfattning okmagnetiserad provning med handhållna ok. Denna magnetiseringsmetod skapar ett longitudinellt magnetfält som vanligen får energi från en strömkälla (elektromagnetiska ok) men det finns även ok med permanentmagneter

Vid provning i fält är magnetpulvret vanligen uppslammat i en bärarvätska. Magnetpulver består till stora delar av rent järn. Pulvret kan dessutom vara fluorescerande vilket ger en klart förbättrad kontrast och synlighet av indikationer, men detta kräver speciella arrangemang. För att partiklarna skall fluorescera måste de bestrålas med ultraviolett (UV) ljus som är osynligt.

Defekternas läge och längd är lätt att bestämma. Repor och smältgränser kan ge upphov till falska indikationer.

4.7 Virvelströmsprovning

Metoden bygger på alstring av virvelströmmar i ett elektriskt ledande material med högfrekvent ström genom spole. Defekter i eller under ytan stör virvelströmmarna och dessa variationer kan mätas och registreras på ett instrument. Metoden används bl a vid ytkontroll av svetsar och kontroll av värmeväxlartuber med avseende på erosions- och korrosionsskador samt sprickor och defekter. Metoden används på klena rör och tuber och är inte tillämpbar i fjärrvärmeindustrin.

4.8 Replikprovning

Provningsförfarandet består i att man slipar, polerar och etsar en begränsad yta på objektet. Därefter framställs ett avtryck från det metallografiska preparerade området på en plastfilm som ger en kopia av materialets mikrostruktur vid ytan. Denna metod är vanlig för att bestämma livslängden på ångledningar som arbetar vid temperaturer över 400°C i kraftvärme- eller skogsindustrin. Metoden bedöms inte kunna användas på fjärrvärmerör.

Utvärdering av repliker utförs i mikroskop och viss granskning kan ske med hjälp av fältmikroskop direkt på plats. Slutgiltig utvärdering sker på laboratorium av erfarna metallurger. Vid utvärderingen bedöms till exempel materialets skadeklass och andra observationer av mikrostrukturen ger underlag för att kunna rekommendera åtgärder och tid till förnyad kontroll. Vid förnyad kontroll kan den förväntade livslängden övervakas. Lämpliga tider till kontroller avgörs dels av skadeklass och dels av bland annat objektets material, geometri och påkänning. Användningsområdena för replikprovning är framförallt för kvantifiering av krypskador i mikrostrukturen och identifiering av sprickmekanismer vid skador och haverier. Replikprovning används för bedömning av mindre sprickor i framförallt högttemperaturkomponenter och inte för att kvantifiera korrosionsskador.

5. DISKUSSION

För- och nackdelar med olika inspektionsmetoder på fjärrvärmerör

De mest användbara metoderna att detektera korrosionsskador på fjärrvärmerör är ultraljud enligt Teletest- eller Forcemetoden, se avsnitt 2.1. Dessa metoder har utvecklats under senare år och går även utmärkt att genomföra i fält.

Inspektionsmetoder med videokamera bör också kunna användas för att detektera utvändiga korrosionsskador på fjärrvärmerör. Videoproben som inspektionsinstrument har begränsningar att endast klenare rördimensioner och korta rörlängder kan undersökas, eftersom ljuset inte räcker till. Den mest användbara metoden är Recon, men metoden kan dock stöta på praktiska

svårigheter, eftersom flera hinder måste forceras innan kameran når fjärrvärmeröret. Pearpointmetoden i vilken kameran är kopplad till en traktor, har framförallt tillämpningar invändigt i fjärrvärmerör.

Fiberskop och boroskop bedöms inte kunna användas för att undersöka utvändiga korrosionsskador på fjärrvärmerör, då instrumenten har en begränsad optik.

Optiska fibrer som övervakningsinstrument, t ex temperaturmätning, kan identifiera och lokalisera en utvändigt korrosionsskada. En nackdel med dessa metoder är att korrosionsskadan måste ha givet upphov till läckage innan skadan kan åtgärdas.

Läcksökning med vätgas kan endast användas i tömda fjärrvärmerör och där genomgående hål finns i röret. Metoden är inte tillämplig att detektera utvändiga korrosionsskador på fjärrvärmerör.

Flera av de konventionella metoderna som används i kraftvärme-, petrokemi-, massa- och pappersindustrin är inte relevanta att användas på fjärrvärmerör. Radiografisk provning bedöms dock kunna användas på nytillverkade fjärrvärmerör.

Den olika typerna av metoder och dess för- och nackdelar sammanfattas i **tabell 1**.

Tabell 1. För- och nackdelar med olika inspektionsmetoder.

Advantage and disadvantage with different testing methods.

Metod	Fördelar	Nackdelar
Ultraljud	Stor åtkomlighet	Tekniskt komplicerad
Akustisk emission	Relativt stor åtkomlighet	Indikerar endast sprickor, mycket tekniskt komplicerad
Videoprobe, videokamera	Enkel	Mycket begränsad åtkomlighet, begränsat ljusflöde
Recon, videokamera	Enkel, användarvänlig	Begränsad åtkomlighet
Pearpoint, videokamera	Enkel, användarvänlig	Begränsad åtkomlighet, används framförallt invändigt i rör
Fiberskop, fiberoptik	Enkel	Mycket begränsad åtkomlighet, mycket begränsat ljusflöde
Boroskop	Enkel	Mycket begränsad åtkomlighet
H ₂ -metoden	Enkel	Indikerar endast genomgående hål
Optiska fibrer, övervakning med fiberoptik	Stor åtkomlighet, kommersiellt tillämplig	Dyr, används endast i moderna fjärrvärmesystem, ej i äldre kulvertar. Kan endast indikera läckage
Penetrant	Enkel	Ej tillämplig på fjärrvärmerör
Radiografi	Enkel	Används endast som kontrollmetod vid nyanläggning av fjärrvärmeledningar
Magnetpulver	Enkel	Ej tillämplig på fjärrvärmerör
Virvelström	Enkel	Ej tillämplig på fjärrvärmerör
Replik	Enkel	Ej tillämplig på fjärrvärmerör

6. SLUTSATSER

Undersökningen har givit följande slutsatser:

- De mest användbara metoderna att detektera korrosionsskador på fjärrvärmerör är ultraljud enligt Teletest- eller Forcemetoden. Dessa metoder har utvecklats under senare år och kan användas i fält.
- Inspektionsmetoder med kamera bör också kunna användas för att detektera utvändiga korrosionsskador på fjärrvärmerör. Den mest användbara metoden är Recon.
- Optiska fibrer som övervakning kan identifiera och lokalisera en utvändig korrosionsskada. En nackdel med dessa metoder är att korrosionsskadan måste ha givet upphov till läckage innan skadan kan åtgärdas.

7. REFERENSER

- [1] Teletest, International Welding Institute, England.
- [2] Olsen, H O, Produktblad från FORCE Technology, juni 2003
- [3] Boström, S, Crack Location in Steel Structures Using Acoustic Emission Techniques, Doktorsavhandling, 1999:40, Luleå Tekniska Högskola.
- [4] Everest VIT, INC, www.everestvit.com, 2003-09-02.
- [5] Pearpoint Company, www.pearpoint.com, 2003-08-20.
- [6] Karl Deutsch Nordiska AB, Box: 1150, 721 29 Västerås.
- [7] Larsson, L, Sensistor Technologies AB, Box 76, 581 02 Linköping.
- [8] Nordenswan, T, Svensk Fjärrvärme, Telefax 2003-12-17.
- [9] Englund, M, Övervakning av fjärrvärmenät med fiberoptik, Svenska Fjärrvärmeföreningen, FoU-rapport 1999:33, ISSN 1402-5191.
- [10] Fortum, Informationsblad, Temperaturmätning med optisk fiber för underhåll av rörledningar och processanläggningar, 2003.
- [11] Naredran, N et al, Fiber optic strain and temperature sensor for power plant applications, Proceedings of SPIE-The International Society for Optical Engineering, v 2594, 1996, p 149-158.
- [12] Sensfelder, E, Fiber optic sensing boosts pipeline management efficiency, Pipeline and Gas Journal, v 222, nr 2, Feb, 1995, p 44-45.
- [13] Storesund, J, Handbok för livslängdsarbete med energianläggningar, Värmeforsk, Anläggningsteknik och materialteknik, Augusti 2001, A6-660.

- o0o -

Rapportförteckning

Samtliga rapporter kan beställas hos Svensk Fjärrvärmes Förlagsservice.

Telefon: 026 – 24 90 24, Telefax: 026 – 24 90 10, www.fjarrvarme.org

<i>Nr</i>	<i>Titel</i>	<i>Författare</i>	<i>Publicerad</i>
FORSKNING OCH UTVECKLING – RAPPORTER			
1	Inventering av skador på befintliga skarvar med CFC-blåsta respektive CFC-fria fogskum	Hans Torstensson	maj-96
2	Tryckväxlare – Status hösten 1995	Bror-Arne Gustafson Lena Olsson	maj-96
3	Bevakning av internationell fjärrvärmeforskning	Sture Andersson Gunnar Nilsson	maj-96
4	Epoxirelining av fjärrvärmerör	Jarl Nilsson	sep-96
5	Effektivisering av konventionella fjärrvärmecentraler (abonnentcentraler)	Lena Råberger Håkan Walletun	okt-96
6	Auktorisation av montörer för montage av skarvhylsor och isolering Former och utvärdering	Lars-Åke Cronholm	okt-96
7	Direkt markförlagda böjar i fjärrvärmeledningar	Jan Molin Gunnar Bergström	dec-96
8	Medierör av plast i fjärrvärmesystem	Håkan Walletun Heimo Zinko	dec-96
9	Metodutveckling för mätning av värmekonduktiviteten i kulvertisolering av polyuretanskum	Lars-Åke Cronholm Hans Torstensson	dec-96
10	Dynamiska värmelaster från fiktiva värmebehov	Sven Werner	mars-97
11	Torkning av tvätt i fastighetstvättstugor med fjärrvärme	H. Andersson J. Ahlgren	maj-99
12	Omgivningsförhållandenas betydelse vid val av strategi för ombyggnad och underhåll av fjärrvärmenät. Insamlingsfasen	Sture Andersson Jan Molin Carmen Pletikos	dec-97
13	Svensk statlig fjärrvärmeforskning 1981-1996	Mikael Henriksson Sven Werner	dec-97
14	Korrosionsrisker vid användning av stål- och plaströr i fjärrvärmesystem – en litteraturstudie	Peeter Tarkpea	dec-97
15	Värme- och masstransport i mantelrör till ledningar för fjärrkyla och fjärrvärme	Daniel Eriksson Bengt Sundén	dec-97
16	Utvärdering av fuktinträngning och gasdiffusion hos gamla kulvertrör ”Hisings-Backa”	Ulf Jarfelt	dec-97
17	Kulvertförläggning med befintliga massor	Jan Molin Gunnar Bergström Stefan Nilsson	dec-97
18	Värmeåtervinning och produktion av frikyla – två sätt att öka marknaden för fjärrvärmedrivna absorptionskylmaskiner	Peter Margen	dec-97
19	Projekt och Resultat 1994-1997	Anders Tvärne	mars-98

Nr	Titel	Författare	Publicerad
20	Analys av befintliga fjärrkylakunders kylbehov	Stefan Aronsson Per-Erik Nilsson	mars-98
21	Statusrapport Trycklösa Hetvattenackumulatorer	Mats Lindberg Leif Breitholtz	maj-98
22	Round Robin test av isolerförmågan hos fjärrvärmerör	Ulf Jarfelt	maj-98
23	Mätvärdesinsamling från inspektionsbrunnar i fjärrvärmesystem	Håkan Walletun	juni-98
24	Fjärrvärmerörens isolertekniska långtidsegenskaper	Ulf Jarfelt Olle Ramnäs	juni-98
25	Termisk undersökning av koppling av köldbärarkretsar till fjärrkylanät	Erik Jonson	juni-98
26	Reparation utan uppgrävning av skarvar på fjärrvärmerör	Jarl Nilsson Tommy Gudmundson	juni-98
27	Effektivisering av fjärrvärmecentraler – metodik, nyckeltal och användning av driftövervakningssystem	Håkan Walletun	apr-99
28	Fjärrkyla. Teknik och kunskapsläge 1998	Paul Westin	juli-98
29	Fjärrkyla – systemstudie	Martin Forsén Per-Åke Franck Mari Gustafsson Per-Erik Nilsson	juli-98
30	Nya material för fjärrvärmerör. Förstudie/litteraturstudie	Jan Ahlgren Linda Berlin Morgan Fröling Magdalena Svanström	dec-98
31	Optimalt val av värmemätarens flödesgivare	Janusz Wollerstrand	maj-99
32	Miljöanpassning/återanvändning av polyuretanisolerade fjärrvärmerör	Morgan Fröling	dec-98
33	Övervakning av fjärrvärmenät med fiberoptik	Marja Englund	maj-99
34	Undersökning av golvvärmesystem med PEX-rör	Lars Ehrlén	apr-99
35	Undersökning av funktionen hos tillsatser för fjärrvärmevatten	Tuija Kaunisto Leena Carpén	maj-99
36	Kartläggning av utvecklingsläget för ultraljudsflödesmätare	Jerker Delsing	nov-99
37	Förbättring av fjärrvärmecentraler med sekundärnät	Lennart Eriksson Håkan Walletun	maj-99
38	Ändgavlar på fjärrvärmerör	Gunnar Bergström Stefan Nilsson	sept-99
39	Användning av lågtemperaturfjärrvärme	Lennart Eriksson Jochen Dahm Heimo Zinko	sept-99
40	Tätning av skarvar i fjärrvärmerör med hjälp av material som sväller i kontakt med vatten	Rolf Sjöblom Henrik Bjurström Lars-Åke Cronholm	nov-99
41	Underlag för riskbedömning och val av strategi för underhåll och förnyelse av fjärrvärmeledningar	Sture Andersson Jan Molin	dec-99

Nr	Titel	Författare	Publicerad
		Carmen Pletikos	
42	Metoder att nå lägre returtemperatur med värmeväxlardimensionering och injusteringsmetoder. Tillämpning på två fastigheter i Borås.	Stefan Petersson	mars-00
43	Vidhäftning mellan PUR-isolering och medierör. Har blåstring av medieröret någon effekt?	Ulf Jarfelt	juni-00
44	Mindre lokala produktionscentraler för kyla med optimal värmeåtervinningsgrad i fjärrvärmesystemen	Peter Margen	juni-00
45	Fullskaleförsök med friktionsminskande additiv i Herning, Danmark	Flemming Hammer Martin Hellsten	feb-01
46	Nedbrytningen av syrereducerande medel i fjärrvärmenät	Henrik Bjurström	okt-00
47	Energimarknad i förändring Utveckling, aktörer och strategier	Fredrik Lagergren	nov-00
48	Strömförsörjning till värmemätare	Henrik Bjurström	nov-00
49	Tensider i fjärrkylennät – Förstudie	Marcus Lager	nov-00
50	Svensk sammanfattning av AGFWs slutrapport ”Neuartige Wärmeverteilung”	Heimo Zinko	jan-01
51	Vattenläckage genom otät mantelrörsskarv	Gunnar Bergström Stefan Nilsson	jan-01
52	Direktförlagda böjar i fjärrvärmeledningar Påkänningar och skadegränser	Sven-Erik Sällberg Gunnar Bergström Stefan Nilsson	jan-01
53	Korrosionsmätningar i PEX-system i Landskrona och Enköping	Anders Thorén	feb-01
54	Sammanlagring och värmeförluster i närvärmenät	Jochen Dahm Jan-Olof Dalenbäck	feb-01
55	Tryckväxlare för fjärrkyla	Lars Eliasson	mars-01
56	Beslutsunderlag i svenska energiföretag	Peter Svahn	sept-01
57	Skarvtätning baserad på svällande material	Henrik Bjurström Pal Kalbantner Lars-Åke Cronholm	okt-01
58	Täthet hos skarvar vid återfyllning med befintliga massor	Gunnar Bergström Stefan Nilsson Sven-Erik Sällberg	okt-01
59	Analys av trerörssystem för kombinerad distribution av fjärrvärme och fjärrkyla	Guaxiao Yao	dec-01
60	Miljöbelastning från läggning av fjärrvärmerör	Morgan Fröling Magdalena Svanström	jan-02
61	Korrosionsskydd av en trycklös varmvattenackumulator med kvävgasteknik – fjärrvärmeverket i Falkenberg	Leif Nilsson	jan-02
62	Tappvarmvattenreglering i P-märkta fjärrvärmecentraler för villor – Utvärdering och förslag till förbättring	Tommy Persson	jan-02
63	Experimentell undersökning av böjar vid kallförläggning av fjärrvärmerör	Sture Andersson Nils Olsson	jan-02

Nr	Titel	Författare	Publicerad
64	Förändring av fjärrvärmenäts flödesbehov	Håkan Walletun Daniel Lundh	jan-02
65	Framtemperatur vid värmegles fjärrvärme	Tord Sivertsson Sven Werner	mars-02
66	Fjärravläsning med signaler genom rörnät – förstudie	Lars Ljung Rolf Sjöblom	mars-02
67	Fukttransport i skarvskum	Gunnar Bergström Stefan Nilsson Sven-Erik Sällberg	april-02
68	Round Robin test II av isolerförmågan hos fjärrvärmerör	Ture Nordenswan	april-02
69	EkoDim – beräkningsprogram	Ulf Jarfelt	juni-02
70	Felidentifiering i FC med ”flygfoton” – Förstudie	Patrik Selinder Håkan Walletun	juni-02
71	Digitala läckdetekteringssystem	Jan Andersson	aug-02
72	Utvändigt skydd hos fjärrvärmerörsskarvar	Gunnar Bergström Stefan Nilsson Sven-Erik Sällberg	sept-02
73	Fuktdiffusion i plaströrsystem	Heimo Zinko Gunnar Bergström Stefan Nilsson Ulf Jarfelt	sept-02
74	Nuläge värmegles fjärrvärme	Lennart Larsson Sofie Andersson Sven Werner	sept-02
75	Tappvarmvattensystem – egenskaper, dimensionering och komfort	Janusz Wollerstrand	sept-02
76	Teknisk och ekonomisk jämförelse mellan 1- och 2-stegskopplade fjärrvärmecentraler	Håkan Walletun	okt-02
77	Isocyanatexponering vid svetsning av fjärrvärmerör	Gunnar Bergström Lisa Lindqvist Stefan Nilsson	okt-02
78	Förbättringspotential i sekundärnät	Lennart Eriksson Stefan Petersson Håkan Walletun	okt-02
79	Jämförelse mellan dubbel- och enkelrör	Ulf Jarfelt	dec-02
80	Utvändig korrosion på fjärrvärmerör	Göran Sund	dec-02
81	Varmvattenkomfort sommartid i småhus	Tommy Persson	dec-02
82	Miljöbelastning från produktion av fjärrvärmerör	Morgan Fröling Camilla Holmgren	dec-02
83	Samverkande produktions- och distributionsmodeller	John Johnsson Ola Rossing	feb-03
84	Användning av aska vid förläggning av fjärrvärmeledningar - förstudie	Rolf Sjöblom	feb-03
85	Marginaler i fjärrvärmesystem	Patrik Selinder Heimo Zinko	mars-03
86	Flödesutjämning körstrategi	Gunnar Larsson	april-03
87	”Black-Box”-undersökning av fjärrvärmecentraler	Håkan Walletun Bernt Svensson	juni-03
88	Långtidsegenskaper hos lågflödesinjusterade radiatorsystem	Stefan Petersson Sven Werner	aug-03

Nr	Titel	Författare	Publicerad
89	Rationellt byggande av fjärrvärmeledningar	Tommy Gudmundson	sep-03
90	Total – Kontra utförandeentreprenad	Tommy Gudmundson	sep-03
91	Tryckväxlare för fjärrkyla – Teknik och funktion	Bror-Arne Gustafson	sep-03
92	Kylning av kylmaskiners kondensorer med fjärrkyla i livsmedelsbutiker	Caroline Haglund Stignor	sep-03
93	Minskade distributionsförluster med diffusionstäta fjärrvärmerör	Maria Olsson	okt-03
94	Kopplingsprinciper för fjärrvärmecentral och frånluftsvärmepump	Patrik Selinder Håkan Walletun Heimo Zinko	okt-03
95	Funktion hos 1-rörs radiatorsystem – Avkylning, komfort och stabilitet	Stefan Petersson Bernt-Erik Nyberg	okt-03
96	EPSPEX-kulvert – Utveckling, utförande och uppföljning	Tommy Gudmundson	okt-03
97	EPSPEX-kulvert – Funktion under och efter vattendränkning	Stefan Nilsson Sven-Erik Sällberg Gunnar Bergström	okt-03
98	Fukt i fjärrvärmerör, larmsystem och detektering Inventering av mätmetoder och gränsvärden	Henrik Bjurström Lars-Åke Cronholm Mats-Olov Edström	okt-03
99	Undersökning av skarvar med isolerhalvor efter nio år i drift	Stefan Nilsson Sven-Erik Sällberg Gunnar Bergström	nov-03
100	Strategier för framtidens fjärrvärme	Markus Felleesson	dec-03
101	Fjärrvärmevärmda torkrumsanläggningar	Peter Neikell Tobias Nilsson	nov-03
102	Kyllager i befintligt kylnät	Fredrik Setterwall Benny Andersen	nov-03
103	Reglerdynamik, tryckhållning och tryckslag i stora rörsystem	Gunnar Larsson	dec-03
104	Energimätning i småhus. Förstudie.	Jan Eliason Morgan Romvall Håkan Walletun	dec-03
105	Konsekvenser av mindre styrventiler i distributionsnät	Håkan Lindkvist Håkan Walletun	jan-04
106	Inventering av nya inspektionsinstrument för statuskontroll av fjärrvärmerör	Göran Sund	jan-04
107	Kopplingar i fjärrvärmesystem – inventering av alternativ och utvecklingspotential	Rolf Sjöblom Jöns Hilborn	feb-04
108	Gratid för kyla	Peter Lundell	april-04
109	Effektivare rundgångar	Håkan Walletun Karolina Näsholm	april-04
110	Mikrobiell aktivitet i fjärrkylennät	Magnus Nordling	april-04

FORSKNING OCH UTVECKLING – ORIENTERING

1	Fjärrkyla: Behov av forskning och utveckling	Sven Werner	jan-98
2	Utvärdering av fjärrkyla i Västerås. Uppföljning av Värmeforsk rapport nr 534. Mätvärdesinsamling för perioden 23/5 – 30/9 1996.	Lars Lindgren Conny Nikolaisen	jan-98
3	Symposium om Fjärrvärmeforskning på Ullinge Wårdshus i Eksjö kommun, 10-11 december 1996	Lennart Thörnqvist	jan-98
4	Utvärdering av fjärrkyla i Västerås. Uppföljning av Värmeforsk rapport nr 534. Mätvärdesinsamling för period 2. 1/1 – 31/12 1997.	Conny Nikolaisen	juli-98
5	Metodutveckling för mätning av värmekonduktiviteten i kulvertisolering av polyuretanskum	Lars-Åke Cronholm Hans Torstensson	sept-99
6	Optimering av fjärrvärmevattens framledningstemperatur i mindre fjärrvärmesystem	Ilkka Keppo Pekka Ahtila	jan-03
7	Sammanställning över fjärrvärme- och kraftvärmeprojekt med eu-stöd	Sofie Andersson Sven Werner	feb-04
8	Utvärdering av FOU-programmet Hetvattenteknik 2001-2003	John Johnsson Håkan Sköldberg	feb-04
9	Nytta med svensk fjärrvärmeforskning	Sven Werner	feb-04

*Svensk Fjärrvärme AB och Statens energimyndighet bedriver
forskningprogram inom området fjärrvärme, hetvattenteknik och fjärrkyla.*



Svensk Fjärrvärme • 101 53 Stockholm • Telefon 08-677 25 50 • Fax 08-677 25 55
Besöksadress: Olof Palmes gata 31, 6 tr. • E-post kontakt@fjarrvarme.org • www.fjarrvarme.org